

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R M.1787-1 建议书**  
(01/2012)

**关于在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz  
和1 559-1 610 MHz频段运行的卫星  
无线电导航业务(空对地和空对空)  
系统和网络及发射空间电台  
技术特性的说明**

**M 系列**

**移动、无线电定位、业余  
和相关卫星业务**



国际电信联盟

## 前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

## 知识产权政策 (IPR)

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

### ITU-R 系列建议书

(也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

系列	标题
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	广播业务（电视）
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	<b>移动、无线电定位、业余和相关卫星业务</b>
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	遥感系统
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	词汇和相关问题

**说明：** 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版  
2012年，日内瓦

© ITU 2012

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

## ITU-R M.1787-1 建议书

**关于在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段运行的卫星无线电导航业务(空对地和空对空)系统和网络及发射空间电台技术特性的说明**

(ITU-R 217/4和ITU-R 288/4号课题)

(2009-2012年)

**范围**

该建议书提供了在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段运行的卫星无线电导航业务(RNSS)(空对地和空对空)系统和网络的轨道参数、导航信号和技术特性的有关信息。该信息旨在用于评估RNSS系统和网络之间以及与其他业务和系统之间的干扰。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 卫星无线电导航业务(RNSS)的系统 and 网络为许多定位、导航和授时应用提供了全球准确的信息，包括在某些情况下和应用中一些频段的安全问题；
- b) 有数个正在操作的和规划中的RNSS 系统和网络；
- c) ITU-R M.1902、ITU-R M.1905、ITU-R M.1903 和 ITU-R M.1904 建议书提供了在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段运行的RNSS 接收机 (空对地和空对空) 系统和网络的技术和业务特性和保护标准；
- d) ITU-R M.1318建议书提供了非RNSS的无线源对在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段运行的RNSS 系统和网络的连续干扰的评估模式；
- e) ITU-R M.1901建议书提供关于在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 MHz和 5 010-5 030 MHz频段运行的RNSS系统和网络内容的其他ITU-R 建议书和本建议书的指南；
- f) ITU-R M.766报告包含了与1 215-1 300 MHz频段内RNSS操作有关的信息；
- g) 全球任何一个正确配置的地球站都可以收到RNSS系统和网络的导航信息；
- h) ITU-R M.1831建议书提供了用于RNSS系统和网络之间协调的RNSS系统间干扰估算方法，

认识到

- a) 在全部3个区，1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段以主要业务划分给 RNSS (空对地、空对空)；

- b) 在全部3个区, 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段以主要业务划分给其他业务;
- c) 卫星无线电导航业务在1 215-1 300 MHz 频段的使用遵守 RR 第 5.329条;
- d) 根据 RR 第 5.328B 条, 2005年1月1日后, 拟使用1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频段, 并且无线电通信局收到其完整协调或通知资料的RNSS系统和网络应遵守第9.12、9.12A 和 9.13条规定的的应用。
- e) 根据 RR 第 9.7条, 使用地球静止卫星轨道的无线电导航卫星网络中的电台需要与其他卫星网络协调,

#### 建议

1 在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段, 应采用附件1至10中发射空间电台的特性和系统描述:

1.1 决定RNSS系统和网络相互协调的方法和标准;

1.2 评估RNSS系统和网络(空对地和空对空)与其它业务系统之间的干扰影响, 并考虑RNSS相对于这些其它业务的地位;

2 以下注1应视为本建议书的一部分。

注 1 – 在本建议书的附件中, “信号频率范围”这一术语指关注的RNSS信号的频率范围(对于CDMA系统: 载波频率 $\pm$ 信号带宽的一半(除非另有说明); 对于FDMA系统: 基本频率+(信道数量\*信道间隔) $\pm$ 信号带宽的一半)。对于FDMA系统也应给定信道数量范围。信号频率范围用MHz表示。

## 附件 1

### GLONASS全球卫星导航系统的系统技术描述 和发射空间电台的特性

#### 1 引言

GLONASS系统包含24颗均衡分布在3个轨道平面的卫星, 每个平面8颗卫星。轨道倾角为64.8°。每一颗卫星用三个频段发射导航信号: L1 (1.6 GHz)、L2 (1.2 GHz)和L3 (1.1 GHz)。卫星通过载波频率进行区分; 同一载波频率可由相同平面对跖卫星使用。导航信号用连续的比率流(包含卫星星历和时间的信息)以及用于伪距测量的伪随机码进行调制。用户收到四颗或更多卫星信号就可以非常准确地判定三个位置坐标以及三个速度向量要素。当在或接近地球表面时, 可以进行导航判定。

## 1.1 频率需求

GLONASS系统的频率需求基于电离层透明度、无线电链路预算，用户天线的简单复杂程度，多径抑制，设备成本和《无线电规则》(RR)的条款。在L1频段，载频按照0.5625 MHz的整数倍进行变化，在L2频段按照0.4375 MHz的整数倍进行变化，在L3频段按照0.423 MHz的整数倍进行变化。

自2006年起，GLONASS系统的新卫星采用不同频段的14至20个载频。在L1频段采用了1 598.0625 MHz(最低)至1 605.3750 MHz(最高)的载频；在L2频段，采用了从1 242.9375 MHz(最低)到1 248.6250 MHz(最高)的载频；在L3频段，采用了从1 201.7430 MHz(最低)到1 209.7800 MHz(最高)的载频。表1-1给定了GLONASS系统无线电导航信号载频的标称值。

表 1-1

GLONASS系统无线电导航信号载频的标称值

K(载频编号)	$F_K^{L1}$ (MHz)	$F_K^{L2}$ (MHz)	$F_K^{L3}$ (MHz)
12	—	—	1 209.7800
11	—	—	1 209.3570
10	—	—	1 208.9340
09	—	—	1 208.5110
08	—	—	1 208.0880
07	—	—	1 207.6650
06	1 605.3750	1 248.6250	1 207.2420
05	1 604.8125	1 248.1875	1 206.8190
04	1 604.2500	1 247.7500	1 206.3960
03	1 603.6875	1 247.3125	1 205.9730
02	1 603.1250	1 246.8750	1 205.5500
01	1 602.5625	1 246.4375	1 205.1270
00	1 602.0000	1 246.0000	1 204.7040
-01	1 601.4375	1 245.5625	1 204.2810
-02	1 600.8750	1 245.1250	1 203.8580
-03	1 600.3125	1 244.6875	1 203.4350
-04	1 599.7500	1 244.2500	1 203.0120
-05	1 599.1875	1 243.8125	1 202.5890
-06	1 598.6250	1 243.3750	1 202.1660
-07	1 598.0625	1 242.9375	1 201.7430

在每一个载频上，发射移相90°(正交)的两个移相键控(180°相位)导航信号。它们是标准精度(SA)信号和高精确度(HA)信号。

## 2 系统概述

GLONASS系统为地面、海上、航空和空间用户提供导航数据和精确时间信号。

系统根据被动三角定位原理进行工作。GLONASS系统用户设备测量从所有可视卫星收到的伪距和径向伪速度并接收卫星星历和时钟参数的信息。在这些数据的基础上，计算用户位置的三个坐标和三个速度向量要素并进行用户时钟和频率的校正。GLONASS系统采用PE-90坐标系统。

## 3 系统描述

GLONASS系统包含三个主要部分：空间部分、控制部分和用户部分。

### 3.1 空间部分

GLONASS系统包括位于三个轨道平面的24颗卫星，每个平面有八颗卫星。轨道面之间用 $120^\circ$ 经度加以间隔，轨道倾角为 $64.8^\circ$ 。一个平面内的卫星按照纬度参数均等地间隔 $45^\circ$ 。其旋转周期为11小时15分，轨道高度为19 100 km。

### 3.2 控制部分

控制部分包括系统控制中心和监测台站网络。监测站测量卫星的轨道参数以及相对于系统主时钟的时钟偏移。这些数据传送给系统控制中心。该中心计算星历和时钟校正参数，然后每天通过监测站将消息上传给卫星。

### 3.3 用户部分

用户部分包括大量不同类型的用户终端。用户终端包括天线、接收机、处理器和输入/输出设备。该设备可与其它导航设备组合，以增加导航精确度和可靠性。对于高度动态的平台，这种组合可能特别有用。

## 4 导航信号结构

L1和L2频段的SA信号结构相同，但与在L3频段的信号结构相异。该信号是模2加到连续数字数据流上的伪随机序列，数据流的发射速率为50 bit/s(L1、L2)和125 bit/s(L3)。伪随机序列的码片速率为0.511 MHz(对于L1、L2)和4.095 MHz(对于L3)且其周期为1毫秒(ms)。

在L1、L2和L3频段，HA信号也是模2加到连续数据流上的伪随机序列。在L1和L2频段内，伪随机序列码片速率为5.11 MHz；在L3频段内，码片速率为4.095 MHz。

数字数据包括卫星星历、时钟时间以及其它有用信息。

## 5 信号功率和频谱

发射信号为右椭圆极化，L1、L2和L3频段的椭圆率因此不差于0.7。在L1、L2和L3频段，SA和HA信号在接收机输入端(假定为0 dBi增益的天线)的最低保证功率规定为-161 dBW(-131 dBm)。

在GLONASS系统中采用了三类发射：8M19G7X、1M02G7X、10M2G7X。表1-2给出了这些信号的特性。

表1-2

GLONASS信号的特性

频率范围	发射类别	发射带宽 (MHz)	发射最大峰值 功率 (dBW)	最大谱功率密 度 (dB(W/Hz))	天线增益 (dB)
L1	10M2G7X	10.2	15	-52	11
	1M02G7X	1.02	15	-42	
L2	10M2G7X	10.2	14	-53	10
	1M02G7X	1.02	14	-43	
L3 <sup>(1)</sup>	8M19G7X	8.2	15	-52.1	12
	8M19G7X	8.2	15	-52.1	

<sup>(1)</sup> 两个GLONASS L3信号按照各自相对90°(正交)进行位移。

导航信号的功率谱包络由公式 $(\sin x/x)^2$ 描述，其中：

$$x = \pi(f - f_c) / f_t$$

其中：

$f$ : 考虑的频率

$f_c$ : 信号的载频

$f_t$ : 信号的码片速率。

频谱的主瓣构成了信号的操作频谱。其占用带宽等于 $2f_t$ 。波瓣的宽度为 $f_t$ 。

## 附件 2

### Navstar全球定位系统(GPS)的 技术描述和特性

#### 1 引言

可以在<http://www.navcen.uscg.gov/gps/geninfo/>免费获得Navstar全球定位系统(GPS)当前的信息。GPS在1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段工作的信息记录在GPS接口规范文件“IS-GPS-200文件”的最新版本中,并附有最新的修改说明。GPS在1 164-1 215 MHz频段工作的当前信息记录在GPS接口规范“IS-GPS-705”的最新版本中,并附有最新的修订说明。关于GPS空间和控制部分的信息可查阅GPS SPS性能标准。

基型GPS卫星星座通常包括6个倾角为55°,均匀间隔轨道平面上至少24颗工作卫星。GPS卫星每12小时围绕地球一周,连续发射导航信号。系统在地球表面或靠近地球表面的任何地点提供三维的精确定位。

#### 1.1 GPS频率需求

GPS系统的频率需求基于用户精确度要求,空对地传播延迟分辨率,多径抑制和设备成本与配置的评估。两个信道以1 575.42 MHz(GPS L1信号)和1 227.6 MHz(GPS L2信号)为中心。第三个GPS信道以1 176.45 MHz(GPS L5信号)为中心,支持民用航空应用。

L1信道用于将用户位置解析在22米以内。第二个信号在L1和L2两个信道发射,为其P(Y)码接收机提供必要的频率分集,为地对空传播延迟分辨率提供更大的带宽,以增加精确度范围,以及多径抑制,以增加一个量级的总精确度。两个或更多信道的任意组合可用来提供必要的频率分集和更大的带宽,以增加地对空传播延迟分辨率的精确度范围和冗余。L1和L5民用信号为民用航空接收机提供了这种能力,且L1、L2和L5信号也为商业等级的接收机提供了这种能力。

#### 2 系统概述

GPS是一种空基、全天候无线电导航、定位和时间传递系统,它为地表或接近地表的任何位置上配备适当设备的用户提供极其精确的三维位置和速度信息,以及精确的通用时间基准。

该系统根据被动三角定位原理工作。GPS用户设备首先测量四颗卫星的伪距,计算其位置并通过使用接收的星历和时钟校正参数将其时钟与GPS同步。(测量被称为“伪”是因为这些测量是根据不准确的用户时钟进行的且由于用户时钟偏离了GPS时间,因而包含了固定偏压项。)随后,在笛卡尔地球坐标系(ECEF)世界大地坐标系1984(WGS-84)中判定用户的三维位置,然后主要通过计算四个距离方程的联立解获得用户时钟相对于GPS时间的偏移。

与此类似，给定了四颗卫星的伪距速率测量，可以通过计算四个距离速率方程来估算三维用户速度和用户时钟频率偏移。

GPS<sup>1</sup> 为民用用户提供了标准定位服务(SPS)。

### 3 系统部分

系统主要包括三个部分：空间部分、控制部分和用户部分。每个部分的主要功能如下。

#### 3.1 空间部分

空间部分包括GPS卫星，这些卫星作为“天体”参考点，从太空发射精确的时间编码导航信号。投入使用的星座包括至少24颗卫星，这些卫星的轨道周期为12小时，半长径大约为26 600 km。卫星放置在相对于赤道倾斜55°的六个轨道平面内。通常，每个平面至少四颗卫星。

卫星为三轴稳定平台。其主要导航有效载荷的主要组成为用于精确授时的原子频标，存储导航数据的处理器，生成测距信号的伪随机噪声(PRN)信号组装部件以及L频段发射天线。尽管单频率发射提供了基本的导航，多频率发射允许校正信号传播时间内的电离时延。

#### 3.2 控制部分

控制部分包括主控制站(MCS)，地面天线和监测台站网络。MCS负责星座命令和控制的所有问题。

#### 3.3 用户部分

用户部分是所有用户接收器及其支持设备的集合。用户装置通常包括天线、GPS接收机/处理器、计算机和输入/输出设备。装置从四颗或更多可见的卫星获得并跟踪导航信号，测量其传播时间和多普勒频移，将其转化成伪距和伪距率并解算出三维位置和速度，设定GPS时间。(GPS时间有别于UTC时间，但差别小于1秒且GPS信号携带了两者之间转换的信息。而且，GPS时间是连续的，而UTC时间包含瑞秒。)用户设备包括从相对简单、轻便的接收机到与其它导航传感器或系统整合在一起，用于高度动态环境中精确性能的复杂接收机。

## 4 GPS信号结构

从卫星上发射的GPS导航信号包括三个调制的载波：以1 575.42 MHz为中心频率的L1( $154 f_0$ )、以1 227.6 MHz为中心频率的L2( $120 f_0$ )、以及以1 176.45 MHz为中心频率的L5，其中 $f_0 = 10.23$  MHz。 $f_0$  为星载原子频标的输出，所有生成的信号都与其相干有关。在下文中，列出了每一个GPS载频的信号(那些拥有一个以上组成的将进一步描述)并给出了射频和信号处理参数的简要描述。

---

<sup>1</sup> 2018年初，GPS 计划开始生产RNSS系统用于GPS星座的完整性监测。

在L1载波上，GPS发射三个信号。信号包括L1C/A、L1 P(Y)和L1C，如6.1节所述。

在L2载波上，GPS发射三个信号。信号包括L2 C/A、L2 P(Y)和L2C，如6.2节所述。

在L5载波上，GPS发射单个信号，表示为L5。L5信号由两个相位正交发射的两个部分组成，如6.3节所述。

表2-1、2-2 和 2-3分别列出了GPS L1、L2 和 L5信号发射的关键参数的数值。这些参数包括以下射频特性：信号频率范围、卫星射频发射滤波器的3 dB带宽，信号调制方式、以及位于地表接收机天线输入端的最小接收功率电平。

表中包括的还有数字信号处理参数，包括PRN码片速率以及导航消息数据和符号比特率。而且，对于每一个载频，提供了卫星发射天线极化和最大椭圆率的参数。

测距码(也称为PRN码)的功能有两方面：

- 因为所有的卫星都在相同的载频上发射且只能通过其使用的唯一PRN码进行区别，它们在不同的卫星之间提供了良好的多址特性；以及
- 其相关特性允许进行精确的到达时间测量并拒绝多径和干扰信号。

表 2-1、2-2 和 2-3提供的数值为初步评估与GPS射频兼容时建议采用的数值。

## 5 信号功率和频谱

GPS卫星采用向接近地表的接收机辐射近似均匀功率的赋形波束天线。L1、L2 和 L5载波上发射的信号为右圆极化，天底 $\pm 14.3^\circ$ 角范围内的最坏椭圆率见表2-1、2-2 和 2-3。

## 6 GPS发射参数

GPS信号发射的特点如下面所述。

除相移键控(PSK)调制外，GPS采用二进制偏移载波(BOC)调制。BOC( $m,n$ )表示二进制偏移载波调制，载频偏移为 $m \times 1.023$  (MHz)，码速率为 $n \times 1.023$  (Mchip/s)，归一化谱密度由下式给定：

$$BOC_{m,n}(f) = f_c \left[ \frac{\sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \tan\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)}{\pi f} \right]^2$$

其中:

$f$ : 频率(MHz)

$f_c$ : 码片速率; 即  $n \times 1.023$  Mchip/s

$f_s$ : 偏移载波的矩形波频率; 即  $m \times 1.023$  MHz。

GPS采用的BOC调制在每一个扩频后的PRN码片周期内产生额外的相变。额外相变的数量是以上定义的 $m$ 和 $n$ 的函数, 且为PRN码片速率的 $(m/n)$ 倍。

## 6.1 GPS L1 发射参数

GPS在1 559-1 610 MHz RNSS频段内操作多个信号。这些信号包括L1 C/A、L1C和L1 P(Y)。L1C信号包括两个组成部分。一个组成部分L1C<sub>D</sub>由数据消息进行调制, 另一个组成部分L1C<sub>P</sub>无数据(即只有一个导频信号), 这两个组成部分使用不同的PRN码。(无数据组成部分提高RNSS的捕获和跟踪性能。)L1 P(Y)和两个L1C同相发送, 而对这些信号C/A是正交发送和滞后90度。GPS L1发射的关键参数见 2-1。

L1C<sub>D</sub>采用BOC(1,1)调制。L1C<sub>P</sub>采用了称为“混合二进制偏移载波”(MBOC)的调制且在BOC(1,1)和BOC(6,1)之间在时间上是多路复用的。MBOC的归一化功率谱密度(PSD)由下式给定:

$$MBOC(f) = \frac{29}{33} BOC_{1,1}(f) + \frac{4}{33} BOC_{6,1}(f)$$

L1C组成部分的总PSD见图1且由下式给定:

$$S(f) = \frac{1}{4} BOC_{1,1}(f) + \frac{3}{4} MBOC(f) = \frac{10}{11} BOC_{1,1}(f) + \frac{1}{11} BOC_{6,1}(f)$$

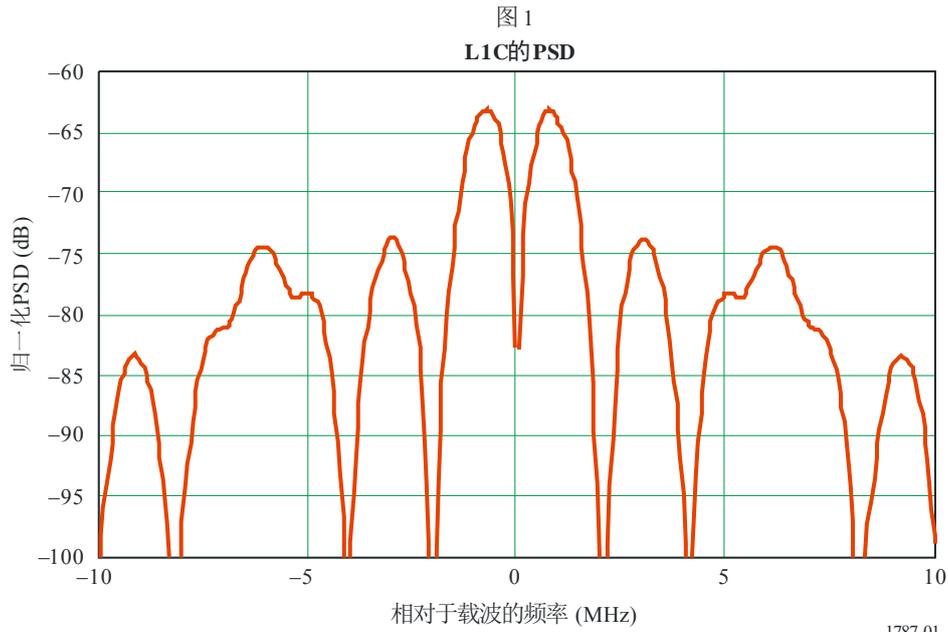


表 2-1

1 559-1 610 MHz频段内的GPS L1发射

参数(单位)	参数值
信号频率范围(MHz)	1 575.42 ± 15.345
PRN码片速率(Mchip/s)	1.023 (C/A, L1C <sub>D</sub> & L1C <sub>P</sub> ) 10.23 (P(Y))
导航数据比特率 (bit/s)	50 (C/A, P(Y) & L1C <sub>D</sub> )
导航数据符号率 (符号/s)	50 (C/A & P(Y)) 100 (L1C <sub>D</sub> )
信号调制方式	BPSK-R(1) (C/A)  BPSK-R(10) (P(Y)) BOC(1,1) (L1C <sub>D</sub> ) MBOC (L1C <sub>P</sub> ) (见注3) (见注 1)
极化	右圆(RHCP)
椭圆率(dB)	1.8 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平(dBW)	-158.5 (C/A) -163.0 (L1C <sub>D</sub> ) -158.25 (L1C <sub>P</sub> ) -161.5 (P(Y)) (见注 2)
RF 发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	30.69

注 1 – 对于GPS RNSS参数，BPSK-R( $n$ )表示采用矩形码片，码片速率为 $n \times 1.023$  (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。BOC( $m,n$ )表示载频偏移为 $m \times 1.023$  (MHz)且码片速率为 $n \times 1.023$  (Mchip/s)的二进制偏移载波调制。

注 2 – 在3 dBi线极化用户参考接收天线(位于接近地面的位置)的输出端，且从地表观看，卫星位于地球地平线5°仰角以上的最坏标准方位时，测量最小的接收功率。

注 3 – 关于MBOC的更详细信息，请参见本表以上的文字部分。

## 6.2 GPS L2发射参数

GPS在1 215-1 300 MHz RNSS频段内操作多个信号。信号包括L2 C/A(很少)，L2C和L2 P(Y)。民用L2C信号为导航数据信道(简称为数据信道)的时分复用和一个无数据信道(也称为导频信道)。表 2-2给出了GPS L2发射的关键参数。

表 2-2

1 215-1 300 MHz频段内的GPS L2发射

参数(单位)	参数值
信号频率范围(MHz)	1 227.6 ± 12 (C/A, L2C & P(Y))
PRN码片速率(Mchip/s)	1.023 (C/A & L2C) 10.23 (P(Y))
导航数据比特率(bit/s)	50 (C/A & P(Y)) 25 (L2C)
导航数据符号率 (符号/s)	50 (C/A, P(Y) & L2C)
信号调制方式	BPSK-R(1) (C/A & L2C) BPSK-R(10) (P(Y)) (见注1)
极化	右圆(RHCP)
椭圆率(dB)	最大3.2
参考天线输出端的最小接收功率电平(dBW)	-164.5 (C/A & P(Y)) -160.0 (L2C) (见注2)
射频发射机滤波器3 dB带宽(MHz)	30.69

注 1 – 对于GPS RNSS参数，BPSK-R( $n$ )表示采用矩形码片，码片速率为 $n \times 1.023$  (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。BOC( $m,n$ )表示载频偏移为 $m \times 1.023$  (MHz)且码速率为 $n \times 1.023$  (Mchip/s)的二进制偏移载波调制。

注 2 – 在3 dBi线极化用户参考接收天线(位于接近地面的位置)的输出端，且从地表观看，卫星位于地球地平线5°仰角以上的最坏标准方位时，测量最小的接收功率。

## 6.3 GPS L5 发射参数

GPS 在 1 164-1 215 MHz RNSS 频段操作L5 导航信号。L5信号由两部分组成，L5I 和 L5Q。L5Q无数据(也称为“导频”信道)。L5I由提供授时、导航和定位信息的数据消息调制。

这两个L5的组成部分正交相位运行，使用不同的PRN码并在同等功率上传输。GPS L5的关键参数的发射见表2-3。

表 2-3

1 164-1 215 MHz 频段内的GPS L5 发射

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 12
PRN 码片速率 (Mchip/s)	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	50 (L5I)
导航数据符号率 (符号/s)	100 (L5I)
信号调制方式	BPSK-R(10) (见注 1)
极化	右圆 (RHCP)
椭圆率 (dB)	2.4 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.9 (L5I) -157.9 (L5Q) (见注 2)
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24

注 1 – 对于GPS RNSS参数，BPSK-R( $n$ )表示采用矩形码片，码片速率为 $n \times 1.023$  (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注 2 – 在3 dBi线极化用户参考接收天线(位于接近地面的位置)的输出端，且从地表观看，卫星位于地球地平线5°仰角以上的最坏标准方位时，测量最小的接收功率。L5I和L5Q正交信号合并后总的接收功率为-154.9 dBW。目前获得未来的GPS系统将增加发射功率到 -157.0 dBW (L5I) 和 -157.0 dBW (L5Q)。然而，这一增加的后果尚未得到验证。

## 附件 3

### 伽利略系统的技术描述和参数

#### 1 引言

伽利略(Galileo)系统的星座包括30个卫星位置(27颗主卫星和三颗在轨备份卫星)，三个56°倾斜、均匀间隔的轨道面内各有十个卫星位置。每一颗卫星发射相同的四种导航信号载频。这些导航信号用结构化的比特流进行调制，包含编码的星历数据和时间并拥有足够的带宽，在不求助双向传输或多普勒积分的情况下获得必要的导航精度。系统在地面或接近地面的任何位置提供三维的精确定位。

## 1.1 频率需求

伽利略系统的频率需求基于对用户精确度要求、空对地传播延迟分辨率、多径抑制以及设备成本和配置的评估。伽利略系统的操作使用四个信道：每一颗伽利略卫星一直在 1 176.45 MHz (E5a)、1 207.14 MHz (E5b)、1 278.75 MHz (E6)和1 575.42 MHz (E1)频点上发射四种联贯但独立可用的射频信号。E5a 和 E5b信号在单一调制上复用，称为AltBOC(备用BOC信号)，在1191.795 MHz上使用单载波。总共十个被复用和调制到三个载波上的信号被发射并分解到不同的业务中。三种发射包含可被映射并在不同配置下提供“定位/导航/授时”(PNT)业务的组成部分。不同的接收机配置将采用一种或几种根据应用和用户特定需求定制的组成部分。所有信号部分(载波、副载波、测距码、数据比特率)都通过相干方式来自于星载共用原子钟发生器。

伽利略所采用的这种频率分集和大带宽将增加空对地传播延迟分辨率的距离精度并将改善多径抑制，提高总精确度。

## 2 系统概述

伽利略是一个空基、全天候、连续无线电导航、定位和授时系统，在地表或接近地表的任何位置向拥有适当设备的用户提供极其精确的三维位置和速度信息以及准确的公共时间基准。

系统根据被动三角定位原理工作。伽利略用户设备首先测量到四颗卫星的伪距，计算其位置并通过使用接收到的星历和时钟校正参数将其时钟与伽利略系统时间进行同步。随后在与国际地球参考框架(ITRS)相兼容的伽利略地球参考框架(GTRF)中确定用户三维位置，并主要通过计算四个距离方程的联立解确定用户时钟相对于伽利略时间的偏移量。

类似的，可以通过解出给定到四颗卫星伪距率测量的四个距离变化率方程来估计三维用户速度和用户时钟频率偏移。测量被称为“伪”是因为它们是通过接收机中不精确(低成本)用户时钟获得，且由于接收机时钟与伽利略时间的偏差而包含固定偏移项。

### 2.1 伽利略的应用

#### “生命安全”(SoL)

伽利略“生命安全业务”向航空(从航路导航操作到精密进场)、铁路和航海领域内的关键应用提供。

#### 商业

伽利略提供商业数据分发业务，协助开发专业应用并提供与基本业务相比的增强性能，特别是在业务保证方面。

## 大众市场

伽利略提供开放、免费的基本业务，主要涉及用于一般公众的应用和事关大众利益的业务。这种业务服务的用户群类似于GPS SPS所服务的群体。它与GPS可互操作。

## 政府

伽利略提供限定由负责民用保护、国家安全和执法的政府部门使用的加密公共管理服务 (PRS)。

## 3 系统部分

系统包括三个主要部分：空间部分、控制部分和用户部分。每一部分的主要功能如下。

### 3.1 空间部分

空间部分由伽利略卫星组成，这些卫星作为“天体”参考点，从太空发射精确的时间编码导航信号。工作的27颗卫星组成的星座(加上三颗备份卫星)工作在周期为14小时的轨道中，半长轴约为30 000 km。卫星放置在相对于赤道倾斜56°的三个轨道平面上。

### 3.2 地面部分

伽利略地面系统控制整个伽利略星座，监控卫星状态，上传数据以便随后向用户播发。该数据的关键要素——时钟同步和轨道星历将根据全球台站网络的测量结果进行计算。

地面部分提供以下功能：

- 星座管理和卫星控制；
- 导航和完整性处理与控制；
- 航天器管理与性能监控(TTC)；
- 飞行任务数据上传。

### 3.3 用户部分

用户部分是所有用户装置及其支撑设备的集合。用户装置通常包括天线、伽利略接收机/处理器、计算机和输入/输出设备。它获取并跟踪所有可见卫星的导航信号，将其转为伪距和伪距率并求解出三维位置、速度和系统时间。

## 4 伽利略信号结构

以下概述了可用于导航和授时应用的伽利略信号。

### 4.1 伽利略 E1 信号

伽利略 E1 信号发射的中心频率为1 575.42 MHz。

它包括三个根据应用性能所需，可单独或与其他信号组合使用的组成部分。各组成部分主要用于开放业务(OS)、“生命安全服务”(SoL)和公共管理服务(PRS)，所有组成部分都包括导航消息。对于OS和SoL服务，Galileo E1载波用MBOC进行调制(由 E1-B 数据部分和 E1-C 无数据部分组成)；对于PRS，采用余弦BOC (15,2.5) 进行调制(由E1-A部分组成)。 E1-B数据流还包含完整的消息。

BOC调制是一种形成发射信号谱形(分散在频率上的功率谱密度)的方法。BOC类型信号通常用 $BOC(f_{sub}, f_{chip})$ 的形式表示，其中频率表示为GPS C/A码片率1.023 Mchip/s的倍数。

伽利略PRS信号的功率谱密度由下式给定：

$$G_{BOC_{\cos}(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[ \frac{2 \sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \sin^2\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right)}{\pi f \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \right]^2$$

其中  $f_s = 15 \times 1.023$  MHz 为副载波频率， $f_c = 2.5 \times 1.023$  MHz为码片速率。

MBOC调制中，信号的频谱 $G_{MBOC}(f)$ 等于：

$$G_{MBOC}(f) = \frac{10}{11} G_{BOC(1,1)}(f) + \frac{1}{11} G_{BOC(6,1)}(f)$$

其中：

$$G_{BOC(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[ \frac{\tan\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\pi f} \right]^2$$

且：

$f_s = 1 \times 1.023$  MHz 为副载波频率， $f_c = 1 \times 1.023$  MHz 为BOC(1,1)的码片速率

$f_s = 6 \times 1.023$  MHz 为副载波频率， $f_c = 1 \times 1.023$  MHz 为BOC(6,1)的码片速率

表 3-1

1 559-1 610 MHz 频段内发射的伽利略 E1

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 559-1 594
PRN 码片速率 (Mchip/s)	1.023 (MBOC) 2.5575 (BOC <sub>cos</sub> (15,2.5))
导航数据比特率 (bit/s)	125 (E1-B)
导航数据符号率 (符号/s)	250 (E1-B)

表 3-1 (结束)

信号调制方式	MBOC (OS/SoL) BOC <sub>cos</sub> (15,2.5) (PRS)
极化	右圆 (RHCP)
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.25 (MBOC) (见注 2)

注 1 – 关于MBOC的更详细信息，请参见本表以上的文字部分。

注 2 – 对于任何仰角等于或大于5°，地球表面上收到的最小功率在各向同性0 dBic接收天线的输出端进行测量。

## 4.2 伽利略 E6 信号

伽利略 E6 信号以1 278.75 MHz为中心频率进行发射。它提供一个数据传播信道用于“商业服务”(CS)，另一个用于“公共调控服务”(PRS)，两者均包括导航消息。

E6载波用BPSK(5)进行调制，以提供商业服务。伽利略E6载波也用BOC<sub>cos</sub>(10,5)码进行调制，以提供PRS(伽利略E6 PRS频谱的公式与上述E1 PRS信号的相同，但  $f_s = 10 \times 1.023$  MHz， $f_c = 5 \times 1.023$  MHz)。

表 3-2

### 在1 215-1 300 MHz 频段发射伽利略 E6

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 260-1 300
PRN 码片速率 (Mchip/s)	5.115 10.23 (BOC <sub>cos</sub> (10,5))
导航数据比特率 (bit/s)	500 (E6-B)
导航数据符号率 (符号/s)	1000 (E6-B)
信号调制方式	BPSK(5) (CS) BOC <sub>cos</sub> (10,5) (PRS)
极化	右圆 (RHCP)
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-155.25 (见注 1)

注 1 – 对于任何仰角等于或大于5°，地球表面上收到的最小功率在各向同性0 dBic接收天线的输出端进行测量。

## 4.3 伽利略 E5 信号

伽利略E5信号的中心频率为1 191.795 MHz且由15.345 MHz边带副载波频率码速率 AltBOC调制生成。该方法提供两个旁瓣。

伽利略E5的较低旁瓣称为伽利略 E5a信号，为开放业务(OS)提供包含导航数据消息的第二个信号(双频率接收)。

伽利略E5的较高旁瓣称为伽利略 E5b信号，提供“开放业务”(OS)和“生命安全业务”(SoL)，包含具有复杂综合信息消息的导航数据消息。

E5b信号是一个在E5频段发射的开放访问信号，包括一个数据信道和导频(或无数据)通道。

AltBOC：信号的谱密度由下式给定

$$G_{AltBOC}(f) = \frac{f_c}{2\pi^2 f^2} \frac{\cos^2\left(\frac{3\pi f}{2f_s}\right)}{\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \left[ \cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - 2 \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \cos\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right) + 2 \right]$$

其中：

$f_s = 15 \times 1.023$  MHz 副载波频率为， $f_c = 10 \times 1.023$  MHz 码片速率为。

表 3-3

在 1 164-1 215 MHz 频段发射的伽利略 E5

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 164-1 219
PRN 码片速率 (Mchip/s)	10.23 ( $G_{AltBOC}(15,10)$ )
导航数据比特率 (bit/s)	25 (E5a), 125 (E5b)
导航数据符号率 (符号/s)	50 (E5a), 250 (E5b)
信号调制方式	AltBOC(15,10) (见注 1)
极化	右圆 (RHCP)
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	E5a 为-155.25 (见注 2) E5b 为-155.25 (见注 2)

注 1 - 关于 $G_{AltBOC}$ 的更详细信息，请参见本表以上的文字部分。

注 2 - 对于任何仰角等于或大于 $5^\circ$ ，地球表面上收到的最小功率在各向同性0 dB<sub>i</sub>接收天线的输出端进行测量。

## 附件 4

### 准天顶卫星系统(QZSS)的技术描述和特性

#### 1 引言

准天顶卫星系统(QZSS)包含三个卫星位置，三个 $45^\circ$ 倾斜等距轨道平面中各有一个卫星位置。每颗卫星发射相同的四个导航信号载频。这些导航信号用预设的比特流进行调制，包含编码的星历数据和时间，并在不采用双向发射或多普勒积分的情况下有足够的带宽达到必要的导航精度。

##### 1.1 频率需求

QZSS 系统的频率要求基于对用户精确度要求、空对地传播延迟分辨率、多径抑制和设备成本与配置的评估。起初，QZSS操作采用三个信道：1 575.42 MHz (L1)、1 227.6 MHz (L2)和1 176.45 MHz (L5)。还将增加一个实验信号(LEX)，中心频率为1 278.75 MHz (LEX)。

QZSS为包括日本在内的东亚和太平洋地区提供导航服务。

#### 2 系统概述

QZSS是一种空基、全天候、连续无线电导航、定位和授时系统，提供与GPS(L1、L2和L5)互操作的信号以及一个更高数据速率消息的实验信号。

该系统根据被动三角定位原理工作。QZSS用户接收机装置首先测量至少四颗卫星的伪距、伪距率或差伪距(delta pseudo-range)，然后通过采用接收到的星历和时钟校正参数计算卫星位置、速度和其时钟与参考时帧的时间偏移。随后，它在笛卡尔地球坐标系(ECEF)、国际地球参考框架(ITRF)坐标系中确定用户三维位置和速度以及用户时钟相对于参考时帧的偏移。

#### 3 系统部分

系统包括三个主要组成部分：空间部分、控制部分和用户部分。各部分的主要功能如下。

##### 3.1 空间部分

空间部分包括QZSS卫星，这些卫星作为“天体”参考点，从太空发射精确的时间编码导航信号。投入使用的星座包括3颗卫星，工作在周期为24小时的轨道上，远地点为39 970 km，近地点为31 602 km。在每个相对于赤道倾斜 $45^\circ$ 的三个轨道平面内，各放置一颗卫星。轨道平面等距间隔(即相位相差120度)，且卫星的相位布置使得日本的高仰角总能看见一颗卫星。

卫星为三轴稳定平台。其主要导航有效载荷的主要组成为用于精确授时的原子频标、存储导航数据的处理器、生成测距信号的PRN信号装置以及1.2/1.6 GHz频段发射天线、其赋形天线增益辐射方向图在四个1.2/1.6 GHz频段频率上向地表或地表附近的用户发射近似均匀信号功率。双频率发射(如L1和L2)允许校正信号传播时间内的电离时延。

### 3.2 控制部分

控制部分执行日常控制系统所有卫星所需的跟踪、计算、更新和监控功能。它包括一个位于日本、进行所有数据处理的主控制站(MCS)以及一些在空间部分可视区域广泛部署的监控站。

监控站被动地跟踪所有可见的卫星并测量测距和多普勒数据。这些数据在MCS进行处理,用于计算卫星星历、时钟偏移、时钟漂移和传播延迟,并随后用于生成上传消息。该更新信息被传输给卫星,用于记忆存储及作为随后卫星发送给用户导航消息的一部分。

### 3.3 用户部分

用户部分是所有用户接收器及其支持设备的集合。用户装置通常包括天线、QZSS接收机/处理器(也适用于GPS信号)、计算机和输入/输出设备。

它从包括一颗(或多颗)QZSS卫星以及一颗(或多颗)GPS卫星在内的四颗以上可见的卫星获得并跟踪导航信号,测量其射频传播时间、RF信号的相位和多普勒频移,将其转化成伪距、载波相位、伪距率和/或差伪距,并解算出三维位置、速度和相对于参考时帧的接收机时间偏移。

用户设备包括从相对简单、轻便和移动的接收机到与其它导航传感器或系统整合在一起,用于高度动态环境中精确性能的复杂接收机。

## 4 QZSS信号结构

从包含以下四个调制载波的卫星上发射QZSS导航信号:中心频率为1 575.42 MHz ( $154 f_0$ )的L1、中心频率为1 227.6 MHz ( $120 f_0$ )的L2、中心频率为1 176.45 MHz ( $115 f_0$ )的L5以及中心频率为1 278.75 MHz ( $125 f_0$ )的LEX,此时 $f_0 = 10.23$  MHz。 $f_0$ 为星载频率基准单元的输出,所有生成的信号与此相干。

L1信号包括四个正交复用的二相移相键控(BPSK)调制信号。其中两种用不同PRN扩频码进行调制,为两个10比特线性反馈移位寄存器(10-bit-LFSR)输出的模2(Modulo-2)加序列,时钟频率为1.023 MHz,周期为1 ms。每一个都是在BPSK之前模2加到50 bit/s/50 符号/s或250 bit/s/500 符号/s 二进制导航数据流上。另两个信号用不同的扩频码进行调制,其时钟频率为1.023 MHz,两个相同矩形波的时钟频率为0.5115 MHz。数据流模2加到其中一个之上。

L2信号为BPSK并带有L2C扩频码。L2C码的时钟频率为1.023 MHz，交替扩频码的时钟频率为0.5115 MHz；L2CM周期为20 ms，L2CL的周期为1.5 s。在调相前，在码上模2加25 bit/s/50 符号/s的数据流。

L5信号包括两个正交复用的BPSK信号(I和Q)。I和Q信道内的信号都用两种不同的L5扩频码进行调制。L5扩频码的时钟频率都是10.23 MHz且周期为1 ms。在I信道内传输50 bit/s/100 符号/s的二进制导航数据流，在Q信道内不传输数据(即为无数据的“导频”信道)。

LEX信号也是BPSK。对于时钟频率为5.115 MHz的扩频码，采用了卡沙米码(Kasami code)小集合序列。

## 5 信号功率和谱

QZSS卫星采用赋形波束天线向系统用户辐射近似均匀功率。发射信号为右圆极化(RHCP)，L1信号的椭圆率好于1.2 dB，L2、L5和LEX信号的椭圆率好于2.2 dB。根据0 dBi RHCP接收机天线的假设定义了至卫星到达角大于10°的用户接收功率(URP)。

L1、L2、L5和LEX信号的最小保证URP述于表 4-1、4-2 和 4-3。

## 6 工作频率

QZSS的L1信号工作在1 559-1 610 MHz频段，L2信号和LEX信号工作在1 215-1 300 MHz频段，L5信号工作在划分给RNSS的1 164-1 215 MHz频段。

## 7 遥测功能

QZSS无需在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内操作遥测信号。

## 8 QZSS发射参数

鉴于QZSS在四个频段发射空对地RNSS导航信号，在代表四个发射导航信号的RNSS导航频段表格中提供了QZSS的发射参数。

### 8.1 QZSS L1 发射参数

QZSS将在1 559-1 610 MHz RNSS频段内操作数个信号。这些信号包括L1 C/A、L1C和L1-SAIF。L1C的参数尚未最终确定，所以表4-1中出现的L1C数值还有可能变化。

表 4-1

## 1 559-1 610 MHz 频段内发射的QZSS

参数(单位)	参数值
载频 (MHz)	1 575.42
PRN 码片速率 (Mchip/s)	1.023
导航数据比特率 (bit/s)	50 (C/A), 250 (L1-SAIF), 25 (L1C)
导航数据符号率 (符号/s)	50 (C/A), 500 (L1-SAIF), 50 (L1C)
信号调制方式	BPSK-R(1) (C/A & L1-SAIF) BOC(1,1) (L1C) (见注 1)
极化和椭圆率 (dB)	RHCP, 最大 1.2
天线输入端的最小接收功率电平 (dBW)	-158.5 (C/A), -163 (L1C 数据), -158.25 (L1C 无数据), -161 (L1-SAIF) (见注 2)
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	32

注 1 – 对于QZSS RNSS参数, BPSK-R( $n$ ) 表示采用矩形码片, 码片速率为 $n = 1.023$  (Mchip/s)的二进制移相键控调制方式。BOC( $m,n$ ) 表示载频偏移为 $m = 1.023$  (MHz)且码片速率为 $n = 1.023$  (Mchip/s)的二进制偏移载波调制。

注 2 – QZSS最小接收功率假定在最小接收天线增益为从地表观看, 地球地平线以上 $10^\circ$ 或更大仰角处。

## 8.2 QZSS L2 发射参数

QZSS 将在1 215-1 300 MHz RNSS频段内操作两个信号。这些信号包括L2C和LEX。

表 4-2

## 在 1 215-1 300 MHz 频段发射QZSS L2C

参数(单位)	RNSS参数描述
载频 (MHz)	1 227.6
PRN 码片速率 (Mchip/s)	1.023 (L2C)
导航数据比特率 (bit/s)	25 (L2C)
导航数据符号率 (符号/s)	50 (L2C)
信号调制方式	BPSK-R(1) (L2C) (见注 1)
极化和椭圆率 (dB)	RHCP; 最大 2.2
天线输入端的最小接收功率电平 (dBW)	-160 总功率 (见注 2)
RF 发射机滤波器 3 dB 频段带宽 (MHz)	32

注 1 – 对于QZSS RNSS参数, BPSK-R( $n$ ) 表示采用矩形码片, 码片速率为 $n = 1.023$  (Mchip/s)的二进制移相键控调制方式。

注 2 – QZSS最小接收功率假定在最小接收天线增益为从地表观看, 地球地平线以上 $10^\circ$ 或更大仰角处。

表 4-3

## 在 1 215-1 300 MHz 频段发射的QZSS LEX

参数(单位)	RNSS参数描述
载频 (MHz)	1 278.75
PRN 码片速率 (Mchip/s)	5.115 (LEX)
导航数据比特率 (bit/s)	2 000 (LEX)
导航数据符号率 (符号/s)	250 (LEX)
信号调制方式	BPSK-R(5) (LEX) (见注 1)
极化和椭圆率 (dB)	RHCP; 最大 2.2
天线输入端的最小接收功率电平 (dBW)	-155.7 总功率 (见注 2)
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	56 (注 3)

注 1 – 对于QZSS RNSS参数，BPSK-R( $n$ ) 表示采用矩形码片，码片速率为 $n = 1.023$  (Mchip/s)的二进制移相键控调制方式。

注 2 – QZSS最小接收功率假定在最小接收天线增益为从地表观看，地球地平线以上10°或更大仰角处。

注 3 – 56 MHz 值不代表发射信号的3 dB带宽。

## 8.3 QZSS L5发射参数

QZSS将在1 164-1 215 MHz RNSS频段内操作两个导航信号。L5I和L5Q信号正交操作且发射同等功率。L5Q不包含数据(亦称为“导频”信道)，而L5I则包含提供授时、导航和定位信息的导航数据。

表 4-4

## 1 164-1 215 MHz 频段内发射的QZSS

参数(单位)	RNSS参数描述
载频 (MHz)	1 176.45
PRN 码片速率 (Mchip/s)	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	50 (L5I)
导航数据符号率 (符号/s)	100 (L5I)
信号调制方式	BPSK-R(10) (见注 1)
极化和椭圆率 (dB)	RHCP, 2.2
天线输入端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.9 每信道 (L5I 或 L5Q) (见注 2)
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	38.0

注 1 – 对于QZSS RNSS参数，BPSK-R( $n$ ) 表示采用矩形码片，码片速率为 $n = 1.023$  (Mchip/s)的二进制移相键控调制方式。

注 2 – QZSS最小接收功率假定在最小接收天线增益为从地表观看，地球地平线以上10°或更大仰角处。

## 附件 5

### MTSAT星基增强系统(MSAS)的技术描述和特性

#### 1 引言

国际民航组织(ICAO)将全球卫星导航系统(GNSS)定义为“包含一个或多个卫星星座、飞机接收机和系统完整性监控,进行必要增强以支持预期操作所需导航性能的全球定位和测时系统”,并制定了用于全球无缝航空导航业务的“国际标准和推荐做法”(SARP)。

通过采用以下安装在地面、空间和/或飞机上的GNSS要素的各种组合,提供GNSS导航服务:

- a) 全球定位系统(GPS)。
- b) 全球导航卫星系统(GLONASS)。
- c) 空基增强系统(ABAS)。
- d) 星基增强系统(SBAS)。
- e) 地基增强系统(GBAS)。
- f) 飞机GNSS接收机。

MTSAT(多功能运输卫星)星基增强系统(MSAS)是一种定义为“用户可从星基发射机接收增强信息的广域增强系统”的SBAS。MSAS在MTSAT扮演RNSS的角色。

MSAS采用两颗MTSAT来提高系统可靠性和稳健性。每一颗MTSAT卫星发射一个用于GPS增强信号(RNSS信号)的载频。这些信号包括以下信息:测距、GPS卫星状态、基本差分校正(GPS卫星星历和时钟校正)以及精确差分校正(电离层校正)。

#### 1.1 频率需求

MSAS的频率需求基于中心频率为1 575.42 MHz的GPS L1。

航空导航“安全”的要求强调了其他无线电业务不对航空导航用户产生有害干扰的至关重要性。

MTSAT RNSS功能要求具有从地面地球站(GES)至卫星的上行馈线链路频率,这种使用并未得到其他FSS信号的充分保护。

#### 2 系统概述

MTSAT扮演着MSAS空间部分的角色,向装备恰当的用户,特别是民用航空“安全”操作广播GPS增强信息。

MSAS用户设备在笛卡尔地球中心、地球固定(ECEF)WGS-84坐标系中测量用户的三维位置,然后获得采用从地面监控站(GMS)实时收到的GPS数据生成的GPS完整性信息。

### 3 系统组成部分

MSAS系统包括三个主要部分：空间部分、地面部分和SBAS机载接收机(用户部分)。各部分的主要功能如下。

#### 3.1 空间部分

MSAS空间部分是MTSAT的导航有效载荷，转发地面地球站(GES)生成的RNSS信号。两颗MTSAT卫星构成的星座在135 E、140 E或145 E的两个对地静止轨道运行。MTSAT是一种三轴稳定卫星。其导航有效载荷的主要要素为用于从地面站上行馈线链路信号的接收天线、14 GHz至1.5 GHz的频率下变频器、业务链路信号的高功放以及赋形波束增益辐射方向图向用户发射近似均匀功率的发射天线。

#### 3.2 地面部分

地面部分包括两个MCS、四个地面监控站(GMS)、两个监控和测距站(MRS)和网络通信子系统(NCS)。MCS是MSAS的核心，位于常陆太田(Hitachi-ohita)和神户的航空卫星中心。通过建立两个站，可以避免设备故障、自然灾害和天气影响造成的业务中断。GMS是接收MTSAT传输的MSAS数据并通过NCS将其转发给MCS的设施。它从GPS接收GPS L1和L2 (1 227.6 MHz)信号，这些信号用于监控GPS信号并预计电离层延时。它位于四个地点，即札幌、东京、福冈和那霸。除GMS功能外，MRS还具备收集测定MTSAT位置所需基本数据，以生成测距数据(与GPS等同的定位数据)的功能。在MTSAT覆盖区东端和南端边缘的两个位置，即夏威夷和澳大利亚的堪培拉建立MRS，以便通过确保长基线获得高精度轨道测距。

#### 3.3 用户部分

用户部分(SBAS机载接收机)利用GPS星座和SBAS信号判定飞机的位置。SBAS机载接收机获得测距和校正信息，适用这些数据来判定完整性并改善所获位置的精度。

### 4 MSAS信号结构

用于MSAS的RNSS信号是与GPS L1兼容的调制载波，中心频率为1 575.42，带宽为2.2 MHz。发射序列为速率为500 符号/s及1 023比特伪随机噪声码的导航消息模2加。然后，以1.023 Mchip/s的速率在载波上进行BPSK调制。

### 5 信号功率和频谱

MTSAT采用赋形波束天线向MSAS用户发射近似均匀功率。发射的信号为右圆极化。从MTSAT卫星发射的MSAS信号特性见表5-1。

表 5-1

## MSAS 信号的特性

载频 (MHz)	发射类别	指配带宽 (MHz)	最大峰值功率 (dBW)	最大功率密度 (dB(W/kHz))	天线增益 (dBi)
1 575.42	2M20G1D	2.2	13.0	-17.3	20.0
	2M20G7D	2.2	16.0	-14.3	

## 6 工作频率

在划分给卫星导航业务的1 559-1 610 MHz频段中，MSAS空间部分工作在以1 575.42 MHz为中心频率的GPS L1频率上，带宽为2.2 MHz。

## 7 遥测功能

MSAS无需在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频段内操作遥测信号。

## 附件 6

### LM-RPS网络的技术描述和特性

#### 1 引言

LM-RPS网络包括位于对地静止轨道的多信道RNSS有效载荷卫星和支持每一个导航有效载荷的两个地面上行站(GUS)。现行系统包括一颗位于西经133°(WL)的卫星和第二颗位于西经107.3°的卫星。

通过提供涵盖美国国家空管系统(NAS)的广播，位于107.3° WL和133° WL的LM-RPS网络为美利坚合众国(US)联邦航空管理局(FAA)提供了独特的广播RNSS服务。LM-RPS网络是联邦航空管理局广域增强系统(WAAS)的一部分。未来还可能增加额外的LM-RPS网络，向航空主管部门和世界其他地区的领空提供类似空基增强系统(SBAS)的服务。LM-RPS网络提供增强数据，这些数据通过提供GPS广播的完整性信息、改善精确度和增强GPS测距信号的方式为航空用户增强GPS数据。航空用户依赖SBAS来提供导航和安全操作的精确度和完整性。

#### 2 系统概述

LM-RPS网络作为一种商业服务运营，为航空主管部门提供必要的RNSS广播服务。

LM-RPS网络空间电台的WAAS消息广播用最少的发射机提供了所需的领空覆盖并消除了多种与地基增强系统有关的技术问题。LM-RPS网络是一种采用FSS上行链路和RNSS下行链路的混合广播业务，因而与普通的卫星固定业务(FSS)广播相比，较为复杂。地面通信网络中的LM-RPS地面站从WAAS主站接收未格式化的WAAS消息数据，并在传输给卫星之前进行验证。地面站对WAAS消息和时间进行前向纠错，将其与GPS广播副帧的出现时间进行校准，然后将消息上传给导航有效载荷，后者接收消息并将其转发给地表和所涵盖各国空管系统的航空用户。

### 3 系统配置

LM-RPS网络包括两部分：卫星或空间部分以及地面站或地面部分。

#### 3.1 空间部分

起初两颗单独的卫星LM-RPS133W和LM-RPS 107.3 W以及服务世界其他区域的潜在LM-RPS卫星构成了LM-RPS网络的空间部分。每一颗卫星作为更大范围WAAS的一部分单独运作，提供几乎全时(99.9995%的可靠性)的可靠空间信号(SiS)。

卫星从两个地面上行站中的一个接收WAAS消息并将其转发给地球，在所覆盖区域提供双SiS。计划未来增加第三个SiS，提供更高的SiS可靠性(> 99.9995%)。

每个导航有效载荷都是简单的环回或“弯管”型转发器。每个转发器在6 GHz上行FSS频段内一对固定频率信道(称为LM-RPS C1和LM-RPS C5)上接收上行WAAS消息，滤波后转为LM-RPS L1(在1 559-1 610 MHz频段)和LM-RPS L5(在1 164-1 215 MHz频段)频率上。这些频率分别与附件2中所指出的GPS L1和GPS L5频率相同。放大器和专用的发射天线将RNSS信号发射给地球，提供覆盖整个地表100 000英尺高度的全球波束，包含所需的领空覆盖。覆盖区由8.75°的视轴角定义。

#### 3.2 地面部分

每一对LM-RPS GUS作为冗余配置工作，提供至一颗LM-RPS卫星的高可靠性上行。

GUS通过地基网络组网，后者将前者连接到WAAS系统。GUS互相以及与WAAS主控站之间进行通信，以决定哪个GUS作为主GUS向导航有效载荷广播WAAS消息，哪个作为备份GUS。备份GUS向射频负载广播其WAAS消息，且如果主GUS出现故障，则作为热备份使用。

GUS包括两组基本设备，网络和处理设备以及无线电射频(RF)发射设备。网络和处理设备通过陆基网络接收并验证WAAS消息数据，然后将其格式化为恰当的广播信号结构，生成70 MHz上的中频(IF)信号。IF信号转为LM-RPS C1和C5频率，进行放大并通过C频段蝶形天线(RF设备)发射给导航有效载荷。

GUS有一个接收导航有效载荷发射(下行)LM-RPS和GPS L1、L5信号的天线,以计算并校正信号传播时间的电离层延时。从导航有效载荷到GUS的信号环回使得SiS可用于测距,在GPS覆盖不够的时候和地点增加导航信号的可用度。GUS也接收GUS发射(6 GHz频段)和L1、L5卫星下行信号,以确保信号未受损坏。损坏的信号触发处理设备将主GUS切换为备份,并将备份GUS切换为主GUS。如果信号仍受损坏,处理设备将播发一条“不要使用”消息,替代WAAS增强消息。四个GUS以及位于133 W和107.3 W的两颗LM-RPS卫星的组合,确保了在几乎所有的时间内NAS中有一个可靠的SiS可用,达到FAA要求的可靠性。未来其他轨道位置的LM-RPS空间电台将为其他地区的航空主管部门提供类似的可靠性。

#### 4 LM-RPS 信号

LM-RPS网络在LM-RPS L1和LM-RPS L5两个频率的每一个频率上广播WAAS增强消息。航空界决定SBAS消息的信号结构。SBAS消息的基本格式和结构与GPS卫星的这些频率上发射的导航信号相同。因为它们计划像GPS消息一样为适当装备的用户接收机所接收,因此采用了GPS格式和结构。

通用信号结构包含WAAS消息的C/A码和类似GPS的民用码。系统设计为C/A和P(Y)码的一种或两者可包含在上行中,因而可在LM-RPS L1和LM-RPS L5下行上发射。

LM-RPS L1广播的信号格式详述于WAAS的L1(FAA-E-2892B)规范中,且航空无线电技术委员会(RTCA)为L5(RTCA/DO-261)起草的信号规范中定义了LM-RPS L5广播的信号格式。

LM-RPS-133W和LM-RPS-107.3W空间电台L1和L5信道的LM-RPS广播信号电平列于表6-1。在视轴8.75°的覆盖边缘,发射信号等级比其位于卫星天底点的峰值大约要下降3 dB。其他LM-RPS网络预计与此类似。

表 6-1

LM-RPS卫星L1和L5信号的信号强度

峰值等效全向 辐射功率 (dBW) <sup>(1)</sup>	LM-RPS L1	LM-RPS L5
LM-RPS-133W	36.6	33.0
LM-RPS-107.3W	34.2	34.9

<sup>(1)</sup> 峰值功率位于发射覆盖的天底点。

## 5 LM-RPS工作频率

谨慎地选择了LM-RPS的上行频率，以便使用卫星固定业务中的可用带宽且不干扰RNSS上行或其他FSS提供商。对于LM-RPS-133 W和LM-RPS-107.3 W卫星，LM-RPS采用扩展C频段(6 425-6 700 MHz)作为上行。这些上行频率作为FSS频率进行管理，在此用于参考。对于转发到L1上的LM-RPS-133W、C1，采用6 639.27 MHz作为载频；作为转发到L5上的C5，在6 690.42 MHz上发射。对于LM-RPS-107.3W，C1在6 625.45 MHz且C5在6 676.45 MHz上发射。

如前所述，下行频率为1 575.42 MHz 频率上的GPS-L1以及1 176.45 MHz上的GPS-L5。鉴于它们采用与GPS相同的频率，LM-RPS信号通过采用独特的PRN码与其他L1和L5上的GPS信号相区别。这与GPS系统及其每一个卫星采用的PRN类似。与GPS系统的操作者协调PRN码，以确保与GPS以及其他类似GPS信号广播的兼容性。

## 6 控制和遥测频谱

位于133 WL和107.3 WL的LM-RPS卫星搭载了作为“共管卫星”操作的导航有效载荷。它们共用两颗商业FSS卫星的设施。控制和遥测功能整合在航天器的TT&C系统内。通过共享TT&C功能，LM-RPS不需要额外的频谱来控制其卫星。未来服务于世界其他地区的LM-RPS卫星将或者采用类似的“共管卫星”方式，或者带有4/6 GHz范围内专用的测控频率，作为单独卫星使用。

## 7 LM-RPS发射参数

由于LM-RPS在两个频段内发射空对地RNSS导航信号，在表示两个LM-RPS发射导航信号的RNSS频段的表格内提供了LM-RPS发射参数。

### 7.1 LM-RPS L1发射参数

LM-RPS L1发射的重要参数见表6-2。

表 6-2

1 559-1 610 MHz频段内发射LM-RPS L1

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 575.42 ± 12
PRN 码片速率 (Mchip/s)	1.023
导航数据比特率 (bit/s)	250
导航数据符号率 (符号/s)	500
信号调制方式	BPSK-R(1) (见注 1)

表 6-2 (结束)

极化	右圆
椭圆率 (dB)	2.0 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-158.5 (见注 2)
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24.0

注 1 – 对于 LM-RPS RNSS 参数, BPSK-R( $n$ ) 表示采用矩形码片, 码片速率为  $n \times 1.023$  (Mchip/s) 的二进制移相键控调制方式。

注 2 – 当卫星位于从地表观看, 地球地平线以上  $5^\circ$  或更大仰角的最差标称仰角时, 在 3 dBi 线极化参考用户接收天线(位于近地面位置)测量 LM-RPS 的最小接收功率。

## 7.2 LM-RPS L5 发射参数

LM-RPS L5 发射的重要参数见表 6-3。

表 6-3

### 1 164-1 215 MHz 频段内发射 LM-RPS L5

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 $\pm$ 12
PRN 码片速率 (Mchip/s)	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	250
导航数据符号率 (符号/s)	500
信号调制方式	BPSK-R(10) (见注 1)
极化	右圆
椭圆率 (dB)	2.0 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.9 (见注 2)
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24.0

注 1 – 对于 LM-RPS RNSS 参数, BPSK-R( $n$ ) 表示采用矩形码片, 码片速率为  $n \times 1.023$  (Mchip/s) 的二进制移相键控调制方式。

注 2 – 当卫星位于从地表观看, 地球地平线以上  $5^\circ$  或更大仰角的最差标称仰角时, 在 3 dBi 线极化参考用户接收天线(位于近地面位置)测量 LM-RPS 的最小接收功率。

## 附件 7

# 北斗(COMPASS)系统发射空间电台的技术描述和特性

## 1 引言

COMPASS包括30颗对地非静止卫星和五颗对地静止卫星，后者位于 $58.75^\circ\text{E}$ 、 $80^\circ\text{E}$ 、 $110.5^\circ\text{E}$ 、 $140^\circ\text{E}$ 和 $160^\circ\text{E}$ 。每颗卫星发射相同的三个导航信号载频。这些导航信号用预设比特流进行调制，包含编码的星历数据和时间，具有足够的带宽在不采用双向传输或多普勒积分的情况下达到必要的导航精度。系统可在地表或接近地表的任何地点提供精确的三维定位、速率和时间。

### 1.1 频率要求

COMPASS系统的频率要求基于对用户精确度要求、空对地传播延迟分辨率、多径抑制和设备成本与配置的评估。起初，COMPASS操作采用三个信道： $1\,575.42\text{ MHz}$ 、 $1\,191.795\text{ MHz}$ 和 $1\,268.52\text{ MHz}$ 。COMPASS采用频率分集和大带宽将增加空对地传播时延分辨率的测距精度并改善多径抑制，提高总精度。

## 2 系统概述

COMPASS是一个空基、全天候、连续无线电导航、定位和授时系统，在地表或接近地表的任何位置向拥有适当设备的用户提供极其精确的三维位置和速度信息以及准确的公共时间基准。

COMPASS系统根据被动三角定位原理工作。COMPASS用户设备首先测量到四颗卫星的伪距，计算其位置并通过使用接收到的星历和时钟校正参数将其时钟与COMPASS系统时间进行同步。随后确定用户三维位置，并主要通过计算四个距离方程的联立解确定用户时钟相对于COMPASS时间的偏移量。

类似的，可以通过解出给定到四颗卫星伪距率测量的四个距离变化率方程来估计三维用户速度和用户时钟频率偏移。

## 3 系统部分

系统包括三个主要组成部分：空间部分、控制部分和用户部分。各部分的主要功能如下。

### 3.1 空间部分

空间部分包括30颗对地非静止卫星和五颗对地静止卫星组成的星座，这些卫星作为“天体”参考点，从太空发射精确的时间编码导航信号。五颗对地静止卫星分别位于 $58.75^\circ\text{E}$ 、 $80^\circ\text{E}$ 、 $110.5^\circ\text{E}$ 、 $140^\circ\text{E}$ 和 $160^\circ\text{E}$ 。而两个非活跃的备用卫星在 $144.5^\circ\text{E}$ 和 $84^\circ\text{E}$ 。投入使用的

30颗非对地静止卫星星座包括27颗MEO卫星和3颗倾斜GSO (IGSO)卫星。27颗MEO卫星位于相对于赤道倾斜55°的三个轨道平面内，每个平面内有9颗卫星，轨道高度约为21 500 km。3颗倾斜同步轨道卫星位于相对于赤道倾斜55°的轨道平面内，交叉经度约为118° E。

### 3.2 控制部分

控制部分执行日常控制系统所有卫星所需的跟踪、计算、更新和监控功能。它包括一个位于北京、进行所有数据处理的主控制站(MCS)以及一些在空间部分可视区域广泛部署的独立监控站。

监控站被动地跟踪所有可见的卫星并测量测距和多普勒数据。这些数据在MCS进行处理，用于计算卫星星历、时钟偏移、时钟漂移和传播延迟，并随后用于生成上传消息。该更新信息被传输给卫星，用于记忆存储及作为随后卫星发送给用户的导航消息的一部分。

### 3.3 用户部分

用户部分是所有用户设置及其支持设备的集合。用户装置通常包括天线、COMPASS接收机/处理器、计算机和输入/输出设备。它从包括四颗或四颗以上可见卫星获得并跟踪导航信号，测量其射频传播时间、射频信号的相位和多普勒频移，将其转化成伪距、载波相位和伪距率，并解算出三维位置、速度和系统时间。用户设备包括从相对简单、轻便和移动的接收机到与其它导航传感器或系统整合在一起，用于高度动态环境中精确性能的复杂接收机。

## 4 COMPASS信号结构

以下提供了可用于导航和授时应用的COMPASS信号的概述。

### 4.1 1 559-1 610 MHz频段内的COMPASS信号

COMPASS在1 559-1 610 MHz RNSS频段内操作两个信号。两个信号的中心频率为1 575.42 MHz。

B1-A 信号采用BOC(14,2) 调制。B1-A 信号包含相位正交的两个部分。一部分 B1-A<sub>D</sub>，采用50 bit/s / 100 符号/s二相导航数据流调制，另一部分 B1-A<sub>P</sub> 无数据。

B1-C 信号包含相位正交的两个部分。一部分B1-C<sub>D</sub>，采用50 bit/s (100 符号/s) 二相导航数据流调制，另一个部分B1-C<sub>P</sub>无数据。

除了相移键控(PSK) 调制，COMPASS 使用 BOC 调制。BOC( $m,n$ ) 表示二进制偏置载波调制，载频偏移  $m \times 1.023$  (MHz)、编码率  $n \times 1.023$  (Mchip/s) 和归一化功率谱密度：

$$BOC_{m,n}(f) = \frac{nT_{sw}}{m} \frac{\sin\left(\frac{\pi f T_{sw}}{2}\right)^4}{\left(\frac{\pi f T_{sw}}{2}\right)^2} \frac{\sin(n\pi f T_{sw})^2}{\sin(\pi f T_{sw})^2}$$

B1-C采用 MBOC(6,1,1/11) 调制。

B1-C部分的总PSD由下式给定：

$$S(f) = \frac{10}{11} BOC_{6,1}(f) + \frac{1}{11} BOC_{6,1}(f)$$

#### 4.2 1 164-1 300 MHz频段内的COMPASS信号

COMPASS在1 164-1 300 MHz RNSS频段内操作三个信号。这些信号包括B2、B3和B3-A。

COMPASS B2信号中心频率为1 191.795 MHz，并且采用 AltBOC(15,10)调制生成。此信号提供两个旁瓣。

COMPASS B2的较低旁瓣称为 COMPASS B2<sub>a</sub>，由相位正交的两个部分组成。一部分 B2<sub>a-D</sub>，采用 25 bit/s / 50 符号/s二进制导航数据流调制，另一部分 B2<sub>a-P</sub>无数据。

COMPASS B2 的较高旁瓣称为 COMPASS B2<sub>b</sub>，由相位正交的两个部分组成。一部分 B2<sub>b-D</sub>，采用 50 bit/s / 100 符号/s 二进制导航数据流调制，另一部分 B2<sub>b-P</sub>无数据。

AltBOC信号的谱密度由下式给定：

$$G(f) = \frac{4f_c}{\pi^2 f^2} \frac{\cos^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \left[ \cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - 2\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)\cos\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right) + 2 \right]$$

其中：

$f_s = 15 \times 1.023$  MHz 为副载波频率，

$f_c = 10 \times 1.023$  MHz 为码片速率。

B3信号中心频率为1 268.52 MHz。载波QPSK调制，伪随机噪声(PRN)码，码片速率为10.23 Mchip/s (I或Q信道内)，调制前模2加到500 bit/s二进制导航数据流上。

B3-A信号的中心频率也是1 268.52 MHz，采用BOC(15,2.5)调制。B3-A信号包括两个相位正交的部分。一个部分B3-A<sub>D</sub>，采用50 bit/s/100 符号/s二进制导航数据流调制，另一个部分B3-A<sub>P</sub>无数据。

## 5 信号功率和频谱

基于理想匹配和0 dBi等方向接收机天线，地表上任何仰角等于或大于5°的最小接收功率电平如下：

信号	最小接收的 MEO 网络功率 (dBW)	最小接收的 GSO/IGSO 网络功率(dBW)
B1-A 信号	-156.9	-157.7
B1-C 信号	-158.0	-157.7
B2 <sub>a</sub> /B2 <sub>b</sub> 信号	-154.5	-156.8
B3/B3-A 信号	-156.0	-158.3

## 附件 8

## Inmarsat导航网络的技术描述和特性

## 1 引言

Inmarsat导航转发器网络包括八颗向SBAS系统提供空间能力的静止轨道RNSS有效载荷卫星。五颗RNSS有效载荷为Inmarsat第三代卫星(Inm-3)上的单信道有效载荷，三颗有效载荷为Inmarsat第四代卫星(Inm-4)上的多信道有效载荷。除提供RNSS业务外，相同的卫星也提供1.5/1.6 GHz MSS频段内的卫星移动业务。以下信息在2008年8月前有效。

自2009年2月起的卫星轨道位置，见表8-1。应注意到，根据系统整体需要，卫星可能不定期移动。所有发射已根据国际电联《无线电规则》进行协调。相关提前公布、协调和通知要求资料由英国主管部门提交。

表 8-1  
卫星轨道经度

卫星	轨道位置
3F1	64° E
3F2	15.5° W
3F3	178° E
3F4	54° W
3F5	25° E
4F1	143.5° E
4F2	25° E
4F3	98° W

## 1.1 系统概述

目前，Inmarsat为空基增强系统(SBAS)，即欧洲地球静止卫星导航覆盖服务(EGNOS)提供两个Inm-3导航有效载荷。

在目前的EGNOS中，欧洲空间局(ESA)使用位于15.5° W的大西洋东区(AOR-E)(3F2卫星)和位于25° E的西印度洋区(IND-W)(3F5)两个Inm-3导航转发器。

## 2 系统配置

Inmarsat导航转发器网络包括可用于SBAS功能的Inmarsat-3和Inmarsat-4卫星上的导航转发器(或空间部分)。

## 2.1 空间部分

每一颗Inm-3系列卫星上的导航转发器是一种简单的频率变换器或“弯管”型转发器。每颗卫星在5 925-6 700 MHz FSS频段的单个固定频率信道内接收上行的SBAS信号。该信号经滤波后变换为GPS-L1频率(中心为1 575.42 MHz)并在3 400-4 200 MHz的FSS频段内下行。

每一颗Inm-4系列卫星上的导航转发器是一种简单的频率变换器或“弯管”型转发器。每颗卫星在5 925-6 700 MHz FSS频段的一对固定频率信道内接收上行的SBAS信号。该信号经滤波后变换为GPS-L1频率(中心为1 575.42 MHz)和GPS-L5频率(中心为1 176.45 MHz)。

在存在Inm-3和Inm-4两种卫星的情况下, RNSS信号被放大并通过一个覆盖可视地表和高度达100 000英尺(约30 000米)飞机的“全球波束”传输给地球。这些系统设计用来提高主要GPS和GLONASS导航信号的完整性和精确度。

## 2.2 地面部分

不适用 – Inmarsat仅为SBAS提供空间能力。

## 3 SBAS信号

Inmarsat导航转发器网络或仅在GPS-L1频率上(Inm-3和在GPS-L1和GPS-L5频率上(Inm-4)发射SBAS增强消息。航空界决定SBAS消息的信号结构。SBAS消息的基本格式和结构与GPS卫星的这些频率上发射的导航信号相同。因为它们计划像GPS消息一样为适当装备的用户接收机所接收, 因此采用了GPS格式和结构。

通用信号结构包含组合SBAS消息的C/A码和类似GPS的民用码。系统设计为C/A和P(Y)码信号的任何一种可包含在上行中, 因而可在L1和L5下行上发射。

L1的信号格式详述于WAAS的L1规范(FAA-E-2892B)中且航空无线电技术委员会(RTCA)为L5起草的信号规范(RTCA/DO-261)中定义了L5信号的格式。

从Inm-3和Inm-4空间电台L1和L5发射的导航信号功率电平列于表8-2。在视轴8.75°的覆盖边缘, 发射信号电平比其位于卫星天底点的峰值大约要下降3 dB。

表 8-2

L1和L5信号的标称\* e.i.r.p. (dBW) (波束峰值)

卫星	L1	L5
Inm-3F1	33	无
Inm-3F2	33	无
Inm-3F3	33	无
Inm-3F4	33	无
Inm-3F5	33	无
Inm-4F1	31.4	29.9
Inm-4F2	31.4	29.9
Inm-4F3	31.4	29.9

\* 根据Inmarsat在国际电联的申报资料。

注 1 – 峰值功率在发射覆盖的天底点处。

通过采用独特的PRN码与其他GPS信号相区别。这与GPS系统及其每一个卫星采用不同的PRN码类似。与GPS系统的操作者协调PRN码，以确保与GPS以及其他类似GPS信号广播的兼容性。

#### 4 控制和遥测频谱

导航转发器是更大的卫星有效载荷的一部分，后者包括提供卫星移动业务。导航部分的控制和遥测功能整合在航天器的总TT&C系统内。通过共享TT&C功能，不需要额外的频谱来控制其导航转发器。

## 附件 9

### NIGCOMSAT SBAS网络的技术描述和特性

#### 1 引言

Nigcomsat星基增强系统网络(NigSAS)包括3颗RNSS有效载荷对地静止卫星。目前的实施为2007年5月13日发射入轨的NIGCOMSAT-1G (42.5° E)。NIGCOMSAT-1A (19.2° W)和NIGCOMSAT-1D (22° E)正处于规划阶段。三颗卫星的RNSS有效载荷相同。

#### 2 频率和极化计划

如表9-1所示，每颗卫星在C频段接收上行的SBAS信号并在L频段将导航信号下行。

表 9-1

信道	频率 (MHz)	极化	带宽
C1-上行	6 698.42	LHCP	4 MHz
C5-上行	6 639.45	LHCP	20 MHz
L1-下行	1 575.42	RHCP	4 MHz
L5-下行	1 176.45	RHCP	20 MHz

### 3 用户部分

NigSAS设计可与GPS和伽利略增强系统相兼容。因此，可提供GPS/Galileo兼容接收机的完整性和校正数据。

### 4 地面部分

由于NigSAS是为现有SBAS网络提供空间能力，因此该部分不适用。

### 5 导航业务

NIGCOMSAT-1G RNSS有效载荷的L频段接收覆盖包括非洲、西欧和东欧以及亚洲。

### 6 导航信号

NigSAS在L1和L5载频上发射采用GPS格式结构的SBAS消息。根据所选载频的不同，对信号同相(I)和正交部分(Q)进行调制。来自每颗卫星的SBAS信号通过采用伪随机噪声码与其他SBAS信号进行区别。两个频率的导航数据比特率为50 bit/s。

#### 6.1 L1信号

1 575.42 MHz的L1频率在I信道内，通过码片速率为1.023 Mchip/s、码长为1 023的粗捕获L1 PRN码进行BPSK调制。Q信道调制方式的选择由RNSS有效载荷的租户决定，其现有GNSS/SBAS网络将得到增强。表9-2提供了进一步的相关信息。

表 9-2

载频 (MHz)	发射标识	指配带宽 (MHz)	最大峰值功率 (dBW)	最大功率密度 (dB(W/Hz))	天线增益 (dBi)
1 575.42	4M00X2D	4.0	17.9	-42.1	13.5
	2M20X2D	2.2	17.9	-42.1	

## 6.2 L5信号

1 176.42 MHz的L5频率在I和Q信道通过两种不同的L5 PRN码进行调制。每个L5 PRN码的码片速率为10.23 Mchip/s，码长为10 230。但只有同相部分才用导航数据进行调制。L5信号更快的码片速率改善了用户部分的自相关功能。表9-3提供了进一步的相关信息。

表 9-3

载频 (MHz)	发射标识	指配带宽 (MHz)	最大峰值功率 (dBW)	最大功率密度 (dB(W/Hz))	天线增益 (dBi)
1 176.45	20M0X2D	20	16.5	-53.5	13.0
	4M00X2D	4	16.5	-43.5	

## 附件 10

### 印度区域导航卫星系统(IRNSS)、印度SBAS系统、 GAGAN (GPS辅助地理增强导航) 和全球 印度导航系统 (GINS) 的技术描述

#### 1 引言

印度正在印度次大陆和邻近地区实施其区域导航卫星系统 (IRNSS)。IRNSS 将在 L5 频段 (1 164-1 215 MHz)并可能在 L1 频段 (1 559-1 615 MHz)运行。IRNSS是一个独立的由7/11颗卫星组成的区域导航卫星系统。基线IRNSS星座由3颗GSO和4颗非GSO卫星(向赤道倾斜29° E)组成。该系统旨在提供准确的定位、导航和授时服务。在稍后阶段，印度计划开发24颗卫星的全球印度导航系统(GINS)在L1和L5的频段运行。

印度正在其空域实施一项以空基的增强系统(SBAS)，GAGAN(GPS辅助GEO增强导航)。

国际民用航空组织(ICAO) 将全球导航卫星系统 (GNSS) 认定为航空业未来的空中导航系统(FANS)。

除核心GPS之外，印度 SBAS GAGAN旨在提供更高的精确度、可靠性、完整性和连续性。空间段和地面段的特点类似于其他实施的SBAS，如US 领空上的WAAS，欧洲 ECAC 区域上空的EGNOS和日本上空的 MSAS。

## 1.1 IRNSS、GAGAN 和 GINS 频率要求

IRNSS的频率要求基于定位、导航和授时的精度要求评估、空到地传播延迟估计、多径和接收机噪声估计、设备成本和配置。两个信道，中心位于1 176.45 MHz (L5 频段) 和 1 575.42 MHz (L1 频段)，每个发射一个窄带和宽带信号。

在IRNSS中，L5中调制窄带信号为 1 MHz BPSK 和宽带信号 BOC (5,2)。在L1中调制窄带信号 BOC(1,1) 和宽带信号 BOC(5,2)。

印度SBAS GAGAN在 L1 (1 575.42 MHz) 和 L5 (1 176.45 MHz) 频段发射GPS增强信号。

对于GINS，拟议的调制方案为BPSK(1) 和 BOC(5,2) ， 在L5 频段以及BOC(1,1) 和 BOC(5,2) 在 L1 频段。

## 2 系统概述

IRNSS是一个连续的空基的全天候的无线电导航系统，在服务区的任何地方，为任何配备合适的接收机的用户提供定位、导航和授时服务。

GINS计划是作为运行在L1和L5频段的全球系统，今后类似IRNSS提供定位、导航和授时服务。

该系统的运作原理是无源三角测量。通过使用接收星历和时钟校正参数，IRNSS 用户设备测量到4个或更多的卫星的伪距，并在其时钟与IRNSS系统时间同步后计算它的位置。

主要是计算四测距方程的联立求解，然后在WGS-84参考帧中确定三维用户的位置和用户时钟与IRNSS时间的偏移。

给定到4颗卫星的伪距率测量，三维用户速度和用户时钟速率偏移可以通过求解四测距方程估算。测量被称为“伪”的原因是，他们由接收机中不精确的(低成本)用户时钟得出，并包含由于接收机时钟与IRNSS时间之间的偏移所产生的固定的偏差。

印度 SBAS GAGAN 有效载荷将在3颗对地静止印度通信卫星上承载。增强 GAGAN有效载荷发射对核心GPS的更正，以提高准确性、完整性、可用性和连续性。

## 2.1 IRNSS、GAGAN 和 GINS 应用

IRNSS旨在为普通公众和公益服务提供定位、导航和授时服务。

## 3 系统部分

IRNSS 和 GAGAN系统由3个主要部分组成：空间部分、控制部分和用户部分。各部分的主要功能如下所述：

### 3.1 空间部分

IRNSS 空间部分包括 7/11 颗卫星 – 3颗 GSO 和 4/8颗非-GSO — 其功能是作为天空参考点，从空间精确发射时间编码导航信号的。IRNSS星座在所有时间，对于所有服务领域的点均是可见的。

印度 SBAS GAGAN 部分应包括3个地球静止导航有效载荷，在L1和L5频段发射类似GPS信号。

GINS将在3个轨道平面包括24颗卫星，对赤道平面倾角42度。运行的24颗卫星星座将有14小时4分钟 42秒的轨道，半测量轴约为23 222 km。

### 3.2 地面部分

IRNSS 地面部分控制整个IRNSS星座，监测卫星健康和上传数据随后播放给用户。地面部分接收卫星发射和关键内容如数据，从服务区部署的地面站网络所做的测量中计算时钟同步和轨道星历。

地面部分提供以下功能：

- 星座管理和卫星控制；
- 导航和完整处理和控制；
- 航天器内务和性能监控；
- 任务数据上行。

GAGAN 地面部分包括称为印度陆地上行站(INLUS)的卫星控制站，和一组称为INRES的印度参考站。来自 INRES的数据在主控制中心(MCC)收集和分析，必要的修正上行到GAGAN导航有效载荷。

GINS 地面部分将控制 GINS星座，监测卫星的健康并上传数据，随后向用户广播。此数据的关键内容，时钟同步和轨道星历将通过广泛分离的各站的网络所做的测量进行计算。地面部分还将提供星座管理和卫星控制，导航和综合处理与控制，航天器内务和TT&C功能和任务数据上行传输。

### 3.3 用户部分

IRNSS 用户部分、GAGAN 用户部分和GINS 用户部分包括所有用户设置和其支持设备的集合。用户部分通常由一个天线、IRNSS/GAGAN/GINS 接收机、计算机和输入/输出设备组成。一个能够从 IRNSS、GAGAN、GINS、GPS、伽利略、GLONASS 和其他星座接收数据的集成 GNSS 接收机也设定为一个用户部分。

## 4 IRNSS、GAGAN 和 GINS 信号结构

### 4.1 IRNSS 信号结构

IRNSS 信号以 1 176.45 MHz 和 1 575.42 MHz为中心。窄信号为 1 MHz BPSK 信号发射金码。

宽IRNSS 信号采用BOC (5,2) 调制。BOC 调制是一种形成发射信号光谱形状方法。BOC 类型信号通常表示的形式是 BOC ( $f_{sub}, f_{chip}$ )，其中，频率表示为码片速率1.023 Mcps的倍数。

BOC 信号的功率谱密度由下式给出：

$$G_{BOC \sin(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[ \frac{\sin\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \cos\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \pi f} \right]^2$$

其中：

$n f_s = 5 \times 1.023$  MHz 副载波频率为；

$f_c = 2.0 \times 1.023$  MHz 码片速率为。

#### 4.1.1 IRNSS 信号描述

表 10-1

IRNSS L5 信号参数

参数(单位)	RNSS参数描述
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 12
PRN 码片速率 (Mcps)	1.023 2.046
导航数据比特率 (bit/s)	25
导航数据符号率 (符号/s)	50
信号调制方式	BPSK (1 MHz) BOC (5,2)
极化	右圆 (RHCP)
椭圆率 (dB)	1.8 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-156.37
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24

表 10-2

## IRNSS L1 信号参数

参数(单位)	RNSS参数描述
信号频率范围 (MHz)	1 575.42 ± 12
PRN 码片速率 (Mcps)	1.023 2.046
导航数据比特率 (bit/s)	25
导航数据符号率 (符号/s)	50
信号调制方式	BOC (1,1) BOC (5,2)
极化	右圆 (RHCP)
椭圆率 (dB)	1.8 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-156.37
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24

L5 和 L1-频段内结合的RF下行信号可表示为:

$$s(t) = (\alpha \text{ boc}(t) - \alpha \text{ bpsk}(t)) \cos(2\pi f_{sc} t) - (\beta \text{ pilot}(t) + \gamma \text{ boc}(t) * \text{pilot}(t) * \text{bpsk}(t)) \sin(2\pi f_{sc} t)$$

其中:

$\alpha, \beta, \gamma$  = 确定分配功率的放大因素。

## 4.2 GAGAN 发射

表 10-3

## 1 559-1 610 MHz 频段内的GAGAN L1 发射

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 575.42 ± 12 (C/A)
PRN 码片速率 (Mcps)	1.023 (C/A)
导航数据比特率 (bit/s)	250 (C/A)
导航数据符号率 (符号/s)	500 (C/A)
信号调制方式	BPSK-R(1) (C/A)
极化	右圆 (RHCP)
椭圆率 (dB)	1.8 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.37 (C/A)
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24

表 10-4

## 1 164-1 215 MHz 频段内的GAGAN L5 发射

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 12
PRN 码片速率 (Mcps)	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	250 (L5I)
导航数据符号率 (符号/s)	500 (L5I)
信号调制方式	BPSK-R(10)
极化	右圆 (RHCP)
椭圆率 (dB)	2.4 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-156.3 (L5I)
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24

## 4.3 GINS 信号结构

表 10-5

## GINS L5 信号参数

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 +/- 12
PRN 码片速率 (Mcps)	1.023 & 2.046
导航数据比特率 (bit/s)	25
导航数据符号率 (符号/s)	50
信号调制方式	BPSK (1 MHz) BOC (5,2)
极化	右圆 (RHCP)
椭圆率 (dB)	1.8 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-156.37
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24

表 10-6

## GINS L1 信号参数

参数(单位)	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 575.42 +/- 12
PRN 码片速率 (Mcps)	1.023 & 2.046
导航数据比特率 (bit/s)	25
导航数据符号率 (符号/s)	50
信号调制方式	BOC (1,1) BOC (5,2)
极化	右圆 (RHCP)
椭圆率 (dB)	1.8 最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-156.37
RF 发射机滤波器 3 dB 带宽 (MHz)	24